

Onderhoudsdocument

ProRail Glasvezelkabelnetwerken

Beherende instantie:
AM Architectuur en Techniek

Inhoudverantwoordelijke instantie:
ICT Infravoorzieningen

Status:
Definitief

Uitgavedatum: 01-04-2015	Versie: 002	Documentnummer: OHD00051
© /2016 Behoudens de in of krachtens de Auteurswet 1912 gestelde uitzonderingen mag niets uit deze uitgave worden vervaelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder de voorafgaande schriftelijke toestemming van de auteur.		
© /2016 Apart from the exceptions in or by virtue of the 1912 copyright law no part of this document may be reproduced or published by print, photocopying, microfilm or any other means without written permission from the author.		
IHD werkformat model versie 000.2 dd. 24-01-2005		

Inhoudsopgave

1	Algemeen	3
1.1	Inleiding	3
1.2	Scope	3
1.3	Referenties	3
1.4	Afkortingen en definities	3
2	Bepalingen m.b.t. netwerkonderhoud	5
2.1	Systeemgrenzen	5
2.1.1	Systeemgrenzen interlokaal	5
2.1.2	Systeemgrenzen lokaal	6
2.2	Eisen	7
3	De optische specificaties van glasvezels	8
3.1	Maximaal toegestane dempingwaarde	8
4	Metingen	10
4.1	Meetproces OTDR	10
4.1.1	Entry criteria	10
4.1.2	Metingkeuze	11
4.1.3	Bepalen maximaal toegestane dempingwaarde	12
4.1.4	Instellen apparatuur	12
4.1.5	Fysieke controle	14
4.1.6	Metten en registreren	14
4.1.7	Correctief handelen	15
4.1.8	Opslaan data & gegevens	15
4.1.9	Meetrapport	15
4.1.10	Exit criteria	16
4.2	Power Loss Meting	16
4.2.1	Wat wil je meten?	16
4.2.2	Power meting	17
4.2.3	Optische Loss meting	17
4.3	PMD meting	18
4.4	CD meting	18
5	Overige onderhoudsactiviteiten	20
5.1	Onderhoud BT-vezels	20
5.2	Reparatiemethodes HDPE-buis	20
5.2.1	Standaard reparatiesets	21
5.2.2	Deelbare reparatieset	21
5.2.3	Overschuif reparatiesets	21
5.2.4	Controleren beschermbuis	21
5.3	Reparatiemethode microbuisjes	22
5.3.1	Controleren Microbuizen	22
5.4	Storingsrapportage	22
5.5	Kabelherstel	23
5.5.1	Uitgangspunten om herstelmethode te bepalen	23
5.5.2	Algemene schets	23
5.5.3	Twee herstelmethodes	24
5.5.4	Overzicht + en - van de methoden	24
5.5.5	Wanneer welke methode	25
6	Revisiegegevens	27

1 Algemeen

1.1 Inleiding

Dit document geeft de geldende onderhoudseisen voor de passieve glasvezelkabelnetwerken van ProRail aan, zowel voor interlokale als voor lokale netwerken, zoals in OVS00011 en OVS00011-3 gedefinieerd.

Het document bevat verder een overzicht van onderhoudsactiviteiten en -procedures met de bijbehorende frequenties. Dat zijn activiteiten, waardoor de gestelde eisen aan de glasvezelkabelnetwerken van ProRail kunnen worden beoogd, echter zijn deze activiteiten facultatief.

1.2 Scope

De in dit document beschreven meeteisen zijn van toepassing op nieuw aangelegde glasvezeltrajecten, herstelwerkzaamheden aan glasvezelkabels en continuïteitsbepaling van glasvezelkabels, en zijn daarmee ook geldig voor de acceptatie van de nieuw aangelegde glasvezeltrajecten.

Naast de metingen komen andere preventieve en correctieve activiteiten ook aan de orde, echter staan de metingen van glasvezelkabels in dit document centraal.

Het doel van de metingen is tweeledig: a) te controleren of materialen aan de gestelde eisen voldoen, b) te controleren of werkzaamheden correct zijn uitgevoerd. Tevens is dit document toepasbaar om degradatie van de verbindingen te kunnen meten.

1.3 Referenties

IEEE Std 802.3, 2000 Edition	IEEE norm: "Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications"
ITU-T G.650-3	ITU-T norm: "Test methods for installed single-mode optical fibre cable links"
ITU-T G.650-3 Amendment 1	ITU-T norm: "Test methods for installed single-mode optical fibre cable links", Amendment 1
OVS00011	Ontwerpvoorschrift glasvezelinfrastructuur
OVS00011-3	Ontwerpvoorschrift modulaire buizen t.b.v. glasvezel lokaal
OVS00217	Ontwerpvoorschrift SpoorLAN

1.4 Afkortingen en definities

ATM	Asynchronous Transfer Mode (ATM)
BER	Bit Error Rate
Brekingsindex	Getal dat de verhouding aangeeft tussen de snelheid van licht in vacuüm en het betreffend materiaal
BT	British Telecom
CD	Chromatische Dispersie: dispersie wordt veroorzaakt door de verschillende lichtgolflengtes die zich met verschillende snelheden in de glasvezel voorplanten
HDPE	Hoge Dichtheid Polyetheen
IEEE	The Institute of Electrical and Electronics Engineers
ITU-T	International Telecommunication Union – Telecom

LHH	Loze handhole
LSA	Least Square Approximation
MER	Main Equipment Room
MTDW	Maximaal toegestane dempingswaarde
Mode	Karakteriseert de hoek die het elektrische en magnetische veld maakt t.o.v. de voortplantingsrichting
Multimode vezel	Dikkere glasvezel waarin het licht met verschillende invalshoeken de vezel kan binnendringen
OHD	Onderhoudsdocument
OMDF	Optical Fiber Main Distribution Frame
Power Loss meting	Meting voor het bepalen van de totale demping over het vezeltraject
OTDR-meting	Optical Time Domain Reflectometer, optisch instrument waarmee m.b.v. reflecties uit de looptijden de plaatsafhankelijke verliezen bepaald kunnen worden
Patchesnoer	Kort stuk glasvezel waaraan aan beide zijden een connector is gemonteerd
Pigtail	Kort stuk glasvezel waaraan aan één eind een connector is gemonteerd
PMD	Polarisation Mode Dispersion: dispersie wordt veroorzaakt door de verschillende lichtpolarisatiemodes, die zich met verschillende snelheden in de glasvezel voorplanten.
SER	Secondaire Equipement Room
Single mode vezel	Zeer dunne glasvezel met zodanige numerieke apertuur dat het licht maar op één manier zich kan voortplanten door de vezel
SLA	Service Level Agreement
TPA	Two Point Approximation
WION	Wet informatie-uitwisseling ondergrondse netten

2 Bepalingen m.b.t. netwerkonderhoud

In dit hoofdstuk zijn aangegeven:

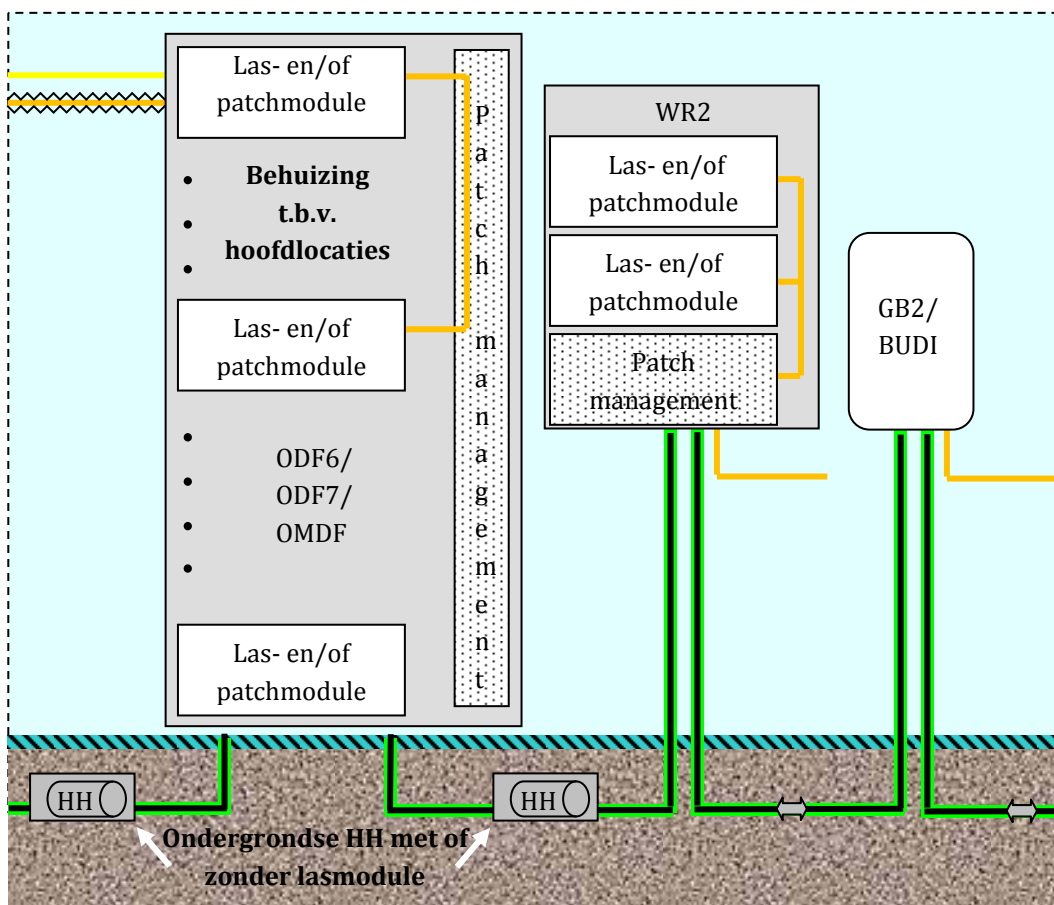
- De systeemgrenzen, waar de onderhoudsactiviteiten direct betrekking op hebben,
- De eisen aan de systeemcomponenten, die de onderhoudsactiviteiten moeten waarborgen.

2.1 Systeemgrenzen

In onderstaande paragrafen zijn de systeemgrenzen voor interlokale en lokale glasvezelnetwerken schematisch weergegeven. De in dit voorschrift geldende onderhoudsactiviteiten vinden binnen deze grenzen plaats.

2.1.1 Systeemgrenzen interlokaal

Glasvezel wordt toegepast in glasvezelkabels met verschillende hoeveelheden vezels. Deze kabels worden ter bescherming aangebracht in beschermbuizen (modulaire buissysteem en/of mantelbuis). Tevens bieden de buizen het voordeel dat glasvezelkabels eenvoudig vervangen kunnen worden. De buizen worden gekoppeld of gesplitst door middel van koppelingen of handholes.



Legenda

- Patchesnoer
- Glasvezelkabel
- Beschermbuis
- ~ Deelbare buis
- HH Lasmodule
- ↔ Koppeling
- Correspondentie kabel

Figuur 1: Systeemgrenzen glasvezelkabelnetwerken

Om een handhole te kunnen traceren, wordt daarin een marker geplaatst. De handhole wordt tevens gebruikt om een ondergrondse glasvezel lasmodule te realiseren.

De glasvezelkabel wordt afgewerkt op las-, patch- of combimodules, welke in een behuizing geplaatst worden. We kennen verschillende soorten behuizingen (OMDF, ODF6 en t.z.t. ODF7 t.b.v. hoofdlocaties, WR2 en GB2/BUDI t.b.v. tussenlocaties) voor verschillende toepassingen. Aan het einde van een glasvezel bevindt zich altijd een connector.

Door middel van het lassen worden glasvezels permanent aan elkaar verbonden. Voor ontkoppelbare verbindingen tussen glasvezels of glasvezels en applicaties maakt men gebruik van patchsnoeren en om applicaties op glasvezel aan te sluiten, maakt men gebruik van pigtails. Voor het managen van (de over lengte van) patchsnoeren binnen de behuizingen wordt voortaan gebruik gemaakt van patch management modules (ODF6 en WR2 behuizingen zijn wel en OMDF en GB2 zijn niet voorzien van deze module).

De patchkabels en pigtaills worden soms beschermd door middel van deelbare buis. Een en ander is schematisch in figuur 1 weergegeven. Deze figuur is alleen bedoeld om de systeemgrenzen aan te geven en niet de architectuur/topologie van het netwerk.

De onderhoudsactiviteiten worden dus verricht aan de volgende componenten:

- glasvezel en glasvezelkabel
- bescherm buis, inclusief koppeling
- handhole en marker
- lasmodule, zowel ondergronds als bovengronds
- patchmodule
- behuizing
- connector
- patchsnoer
- correspondentie kabel.

2.1.2 Systeemgrenzen lokaal

Bij de lokale netwerken wordt een mini glasvezelkabel toegepast met 4, 24 of 96 vezels. Deze kabels worden ter bescherming aangebracht in beschermd microbuis of dikwandige microbuis. De (beschermd) microbuis worden gekoppeld of gesplitst door middel van (Y-koppelingen of in-line koppelingen en) microbuisenkoppelingen.

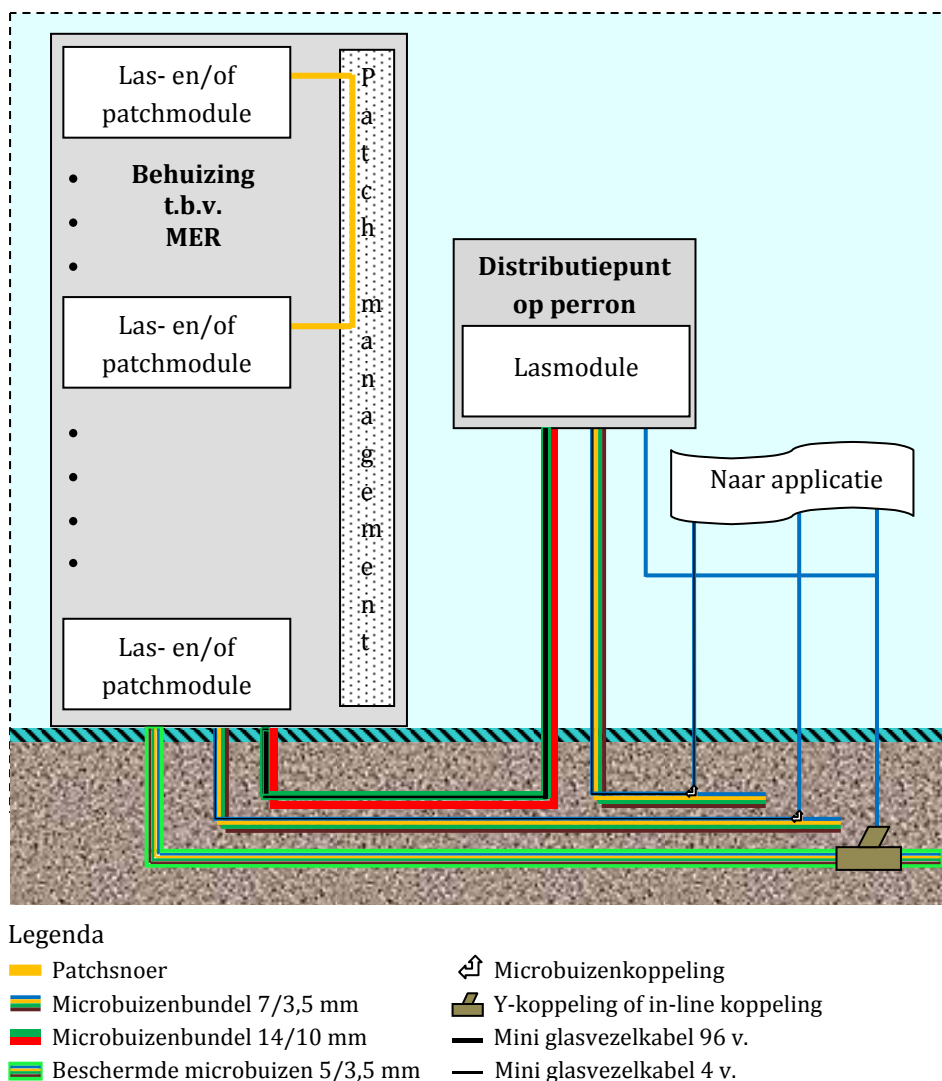
De mini glasvezelkabel wordt aan de ene kant afgewerkt op las-, patch- of combimodules, welke in een behuizing geplaatst worden. In het algemeen is dit een ODF6/ODF7. Aan de applicatiekant wordt de mini glasvezelkabel afgewerkt in een terminaal box. Deze valt echter buiten de grenzen van dit voorschrift.

In grote stations gaat de 96 vezelige mini glasvezelkabel naar een “distributiepunt op perron”. Dit is een kast, waarin de 96 vezelige kabel en de 4 vezelige kabels ten behoeve van applicaties worden gelast.

Ook voor de lokale netwerken geldt dat aan het einde van een glasvezel zich altijd een connector bevindt.

De onderhoudsactiviteiten worden dus verricht aan de volgende componenten:

- Glasvezel en mini glasvezelkabel
- bescherm buis, inclusief koppeling
- lasmodule, zowel ondergronds als bovengronds
- patchmodule
- behuizing
- connector
- patchsnoer
- correspondentie kabel (ook stamkabel genoemd).



Figuur 2: Systeemgrenzen glasvezelkabelnetwerken lokaal

2.2 Eisen

De onderhoudsactiviteiten zijn bedoeld om:

- De optische specificaties van glasvezels, zoals in de geldende ontwerpvoorschriften en hoofdstuk 3 zijn aangegeven, te waarborgen;
- Alle netwerkcomponenten onbeschadigd, totaal functioneel en schoon te houden;

Verder:

- De in hoofdstuk 3 aangegeven optische specificaties van de componenten dienen 1 keer per 5 jaar te worden gecontroleerd. Dit wordt gedaan door het verrichten van metingen op 4 service vezels per kabel. Deze 4 vezels bestaan uit 2 doorgaande vezels (tussen hoofdlocaties, zonder enige aftakking), en 2 “distributie” vezels (met aftakkingen naar tussenlocaties).

3 De optische specificaties van glasvezels

Hieronder zijn de optische eisen aan glasvezels en glasvezelkabels aangegeven:

- Algemeen geldende normen voor glasvezels zijn de ITU-T norm G.651 en de ITU-T norm G.652 voor MM- respectievelijk SM-vezels;
- Voor de buigzame (bending loss insensitive) SM-vezels geldt de ITU-T norm G.657, klasse A.
- Voor de maximale demping van glasvezels geldt het volgende:
 - SM-glasvezel: 0,35 dB/km bij 1310 nm en 0,20 dB/km bij 1550 nm,
 - MM-glasvezel: 3,00 dB/km bij 850 nm en 1,00 dB/km bij 1300 nm;
- Verder wordt uitgegaan van een maximale lasdemping van 0,1 dB voor SM vezels en 0,2 dB voor MM vezels;
- Per connectorovergang wordt een maximale waarde van 0,4 dB voor SM vezels en 0,6 dB voor MM vezels gehanteerd. Dit is de som van de connectorovergang en de pigtaillasdemping (connector & pigtail/glasvezel of glasvezel/pigtail & connector);
- Voor specifieke datadiensten wordt uitgegaan van de IEEE norm 802-3.

3.1 Maximaal toegestane dempingwaarde

Voor het bepalen van de max. toegestane dempingwaarde dient onderscheid gemaakt te worden tussen twee gevallen:

A) Algemene maximaal toegestane dempingswaarde

Voor een te realiseren traject wordt de max. toegestane dempingwaarde (MTDW, aangeduid met α) voor MM vezels bepaald als volgt, afgezien welke MM categorieën en voor welke applicatie:

$$\alpha_{850} < (L \times 2,5) + (n_c \times 0,6)$$

$$\alpha_{1300} < (L \times 1,0) + (n_c \times 0,6)$$

Voor SM vezels geldt:

$$\alpha_{1310} < (L \times 0,35) + (n_l \times 0,05) + (n_c \times 0,4)$$

$$\alpha_{1550} < (L \times 0,20) + (n_l \times 0,05) + (n_c \times 0,4)$$

waarin L de lengte van het traject in km, n_l het aantal aanwezige lassen exclusief de pigtaillassen en n_c het aantal connectorovergangen inclusief de pigtaillassen.

Gezien het punt dat de MM-glasvezel voor korte afstanden is bedoeld, is ervan uitgegaan dat in de MM-glasvezelverbinding geen las aanwezig is.

Een “onbeperkt” aantal lassen in SM-vezels is niet toegestaan. Buiten de lassen ten behoeve van aftakkingen naar tussenlocaties en dergelijke, is het maximaal aantal toegestane lassen 1 las per 1 kilometer. Een uitzondering hierop is wanneer een perron of spoor moet worden verlengd. Dit is in paragraaf 5.5.5.1 beschreven.

B) Voor lengteafhankelijke datadienst

In onderstaande tabel is de MTDW en de te overbruggen afstand aangegeven, voor het geval dat een glasvezelverbinding geschikt moet zijn voor een bepaalde datadienst. Hierbij dient er uitgegaan te worden van de aangegeven lengteafhankelijke demping, op basis van de volgende uitgangspunten:

MM-glasvezel bij 850 nm: $\leq 3,0$ dB/km

MM-glasvezel bij 1300 nm: $\leq 1,0$ dB/km

SM-glasvezel bij 1310 nm: $\leq 1,0$ dB/km

SM-glasvezel bij 1550 nm: $\leq 0,5$ dB/km

	Applicatie	Max. demping (dB/km)				Max. afstand (m)			
		850	1300	1310	1550	850	1300	1310	1550
OM-3	10 Base	3,0	1,0	-	-	2000	2000	-	-
	100 Base-SX	3,0	-	-	-	300	-	-	-
	100 Base-FX	-	1,0	-	-	-	2000	-	-
	1000 Base-SX	3,0	-	-	-	900	-	-	-
	1000 Base-LX	-	1,0	-	-	-	900	-	-
	10 GBase	3,0	-	-	-	300	-	-	-
OS-1	1000 Base	-	-	1,0	0,5	-	-	10000	40000
	10 GBase	-	-	1,0	0,5	-	-	10000	40000

De aangegeven dempingwaarden zijn inclusief lasdempingen, ongeacht aantal aanwezige lassen in de gemeten glasvezelverbinding.

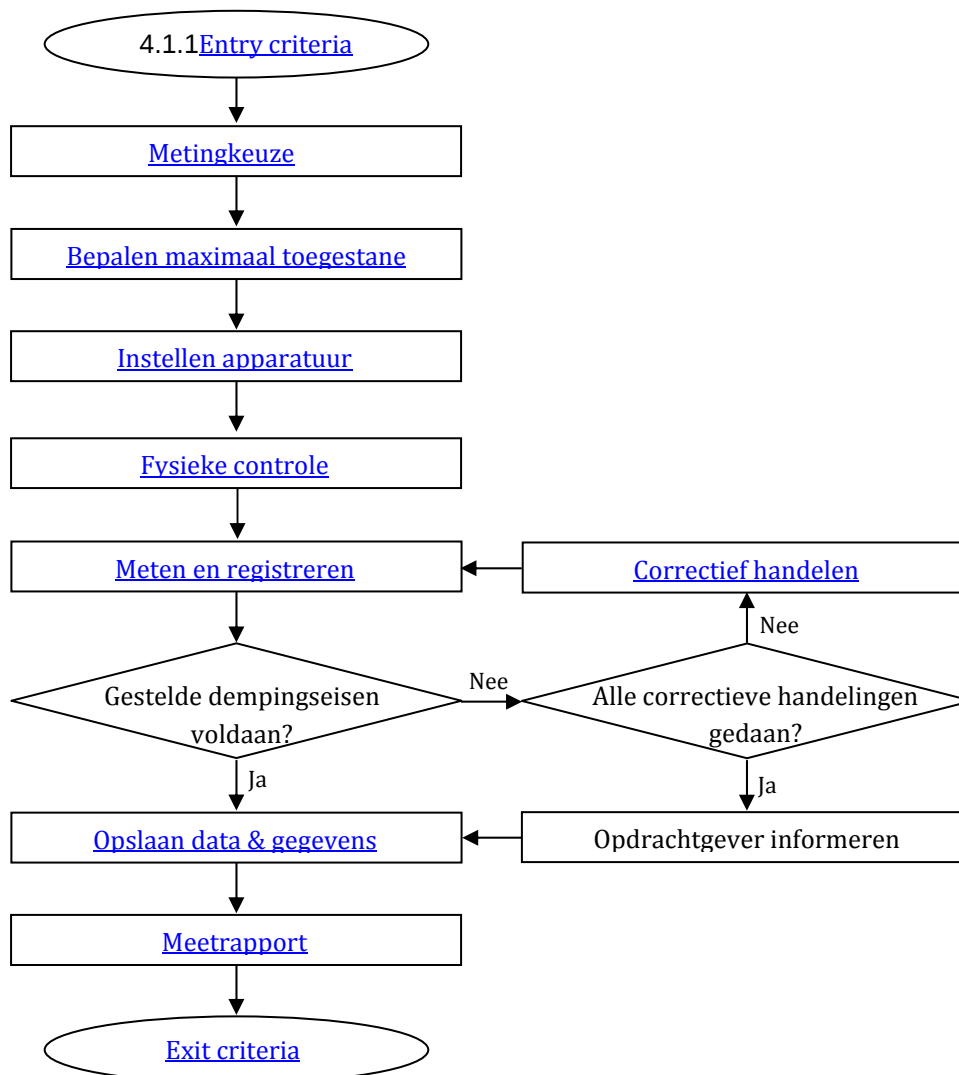
4 Metingen

Het verrichten van metingen, vooral het verrichten van OTDR-metingen, zowel bij preventief als bij correctief onderhoud, is een noodzaak. Als het ware nemen de metingen de meest belangrijke plaats in de onderhoudswerkzaamheden ten behoeve van de glasvezeltrajecten en tevens bij de oplevering hiervan. Zoals in paragraaf 2.2 is aangegeven, dienen de in hoofdstuk 3 gestelde optische eisen aan glasvezels 1 keer per 5 jaar te worden gecontroleerd, door het verrichten van metingen op 4 service vezels per kabel.

Dit hoofdstuk is derhalve totaal gewijd aan de metingen met nadruk op de OTDR-meting. De andere werkzaamheden komen in volgende hoofdstuk aan de orde.

4.1 Meetproces OTDR

Het meetproces is in het onderstaande schema weergegeven:



Schema 1: Meetproces

Hieronder zijn de processtappen beschreven.

4.1.1 Entry criteria

Hiermee worden de voorwaarden bedoeld, waaraan voldaan moet zijn voordat er begonnen kan worden met metingen. Het zijn:

- de werkinstructie voorzien van de nodige netwerkinformatie, waaruit blijkt wat, waar en wanneer getest/gemeten moet worden en welke testen / metingen uitgevoerd moeten worden, is aanwezig;
- het laatst uitgegeven onderhoudsvoorschrift is aanwezig;
- de voor de testen getrainde resources zijn beschikbaar;
- de geijkte meetapparatuur is beschikbaar, voor- en naspanhaspels, glasvezelmicroscoop en diverse connectoren ook; de meetapparatuur is niet van laser klasse anders dan klasse 1, 2 of maximaal 3A;
- met betrekking tot laserveiligheid heeft men zich op de hoogte gesteld van de operationele status van de te meten glasvezelverbindingen en de gevaren klasse daarvan en van de locatie, waar er meetwerkzaamheden worden verricht;
- Is de locatie, waar de metingen moeten worden verricht, van gevaren klasse hoger als klasse 2, dan heeft de meettechnicus de nodige certificaat op het gebied van laserveiligheid om daar de meetwerkzaamheden te verrichten;
- toegang, zowel bij de klant als bij het netwerkbeheer, is geregeld;
- ICT Services Infrastructuur en Operations afd. Operation Telecom is akkoord met het verrichten van de werkzaamheden op het vooraf geplande tijdstip.

4.1.2 Metingkeuze

Er zijn verschillende soorten metingen om de kwaliteit van glasvezelverbindingen te meten. Het zijn:

- Optical Power Loss meting
- OTDR meting
- PMD meting
- CD meting

Bij het aanschaffen van een (glasvezel)kabel krijgt men de factory test resultaten, waaruit moet blijken dat de kabel aan bepaalde normen voldoet. Na het leggen en afwerken van de kabel breekt echter de tijd aan om de kabel te gaan meten. Wat men ten minste wil weten is:

- a. of het leggen van de kabel goed gelopen is en er dus bv. geen knik in zit,
- b. wat de totale demping van de glasvezelverbindingen is.

Een simpele **Power Loss meting** is hiervoor voldoende.

Maar wat dan als er inderdaad een knik in de verbinding zit? De vraag en behoefte om te weten “waar eigenlijk die knik zit?” ligt voor de hand. Verder, bij een lange verbinding met lassen en connectoren erin, is het van belang om de demping van ieder component apart te bepalen.

Hiervoor is de **OTDR-meting** onmisbaar. De meting die, naast de genoemde aspecten, over nog een aantal andere aspecten van de verbinding informatie verschaft; optische lengte van de verbinding, totale demping van de verbinding, lineaire verlies, ...

Als men zich van de goede kwaliteit van de verbinding voor zeer hoge datasnelheden over lange afstanden wil verzekeren, waarop naast de demping ook PMD (Polarisatie Mode Dispersie) en CD (Chromatische Dispersie) sterke consequenties kunnen hebben, dan ligt het meten van **PMD/CD** voor de hand.

Naast deze metingen wordt soms ook een **Protocol meting** verricht. Stel dat er een SLA is afgesloten tussen de gebruiker en de provider betreffende een verbinding volgens een bepaald protocol. Dan is de vraag voor de beide partijen of de verbinding inderdaad aan de protocoleisen voldoet (denk aan de datasnelheid, throughput, BER enz.). Geen van de bovengenoemde metingen kan deze vraag beantwoorden. Om antwoord te kunnen geven op de vraag of een verbinding aan de bepaalde protocoleisen voldoet, moet men een **protocol meting** verrichten. Deze meting valt buiten het kader van dit document.

Afhankelijk van het doel van de meting dient er derhalve een keuze gemaakt te worden van de uit te voeren meting(en).

Hieronder is aangegeven welke meting waarvoor bedoeld is.

Voor achtergrond informatie over deze meetmethodes wordt verwezen naar het document “Richtlijn voor glasvezelinfrastructuren” (RLN00209). Gezien het feit dat OTDR meting

tegenwoordig het meest toepasselijke soort meting is, staat dit in de volgende paragrafen centraal. Verder komt de Power Loss meting ook aan de orde.

4.1.2.1 Uit te voeren meting

Afhankelijk van het doel van de meting mag er een keuze gemaakt worden van de uit te voeren meting(en). In onderstaande tabel is aangegeven wanneer welke meting(en) uitgevoerd mag (mogen) worden.

Welke \ Wanneer	Multimode	Single mode		
		Voor algemeen gebruik	Capabel voor datasnelheden ≥ 10 Gb afstanden ≥ 50 km	Voor spoedreparatie
OTDR tweezijdig	X	X	X	X
OTDR enkelzijdig	X*			X*
Power loss meting	X†			X†
PDM meting			X	

* Zie paragraaf 4.1.6.1 voor voorwaarden.

† Zie paragraaf 4.2 voor voorwaarden.

Hierbij valt een aantal punten op te merken:

- “Acceptatie” betreft niet alleen een totaal nieuwe glasvezelverbinding, maar ook een wijziging in een bestaande verbinding.
- Met “correctie” is de situatie bedoeld, waarbij voor het systeemherstel een (aantal) nieuwe las(sen) is gemaakt. **Hierbij zullen er, zowel voor de reparatie (lokalisieren van de fout) als daarna (acceptatie), OTDR-metingen worden verricht.**
- Voor de preventieve doeleinden is een meting per 5 jaar voldoende. Per kabel worden er 4 vaste vezels gemeten. Deze 4 vezels worden juist voor de onderhoudsdoeleinden in iedere kabel gereserveerd.
- Voor de OM3 is een (eenzijdig) power loss meting voldoende. De OM3 Glasvezelverbinding wordt op één golflengte van 850 of 1300 nm gemeten met meetapparatuur op basis van een LED lichtbron, met een nauwkeurigheid van $\pm 0,2$ dB of beter.

4.1.3 Bepalen maximaal toegestane dempingwaarde

Voor het bepalen van de max. toegestane dempingwaarde dient onderscheid gemaakt te worden tussen twee gevallen:

- Algemene max. toegestane dempingwaarde
- Voor lengteafhankelijke datadienst

In hoofdstuk 3 van het onderhavige document is per geval aangegeven hoeveel de max. toegestane demping mag zijn.

4.1.4 Instellen apparatuur

4.1.4.1 Benodigde meetapparatuur

- OTDR meter.
- Voor- en naspanhaspel 1000 meter. Voor MM-glasvezelverbindingen is een voor- en naspanhaspel van 500 m. voldoende¹.
- Diverse meetsnoeren E2000/APC en SC/APC 9° tuned (OVS00011).

¹ Het meten van MM-glasvezels met een voor- en naspanhaspel van 500 m. is toegestaan. Een voorspanhaspel van 500 m. is in ieder geval voldoende om de eerste “event” in de glasvezelverbinding zichtbaar te maken, en in geval van het meten van MM-vezels voldoende om het licht stabiel te krijgen.

De gebruikte meetapparatuur dient recentelijk (jaarlijks) geijkt te zijn. Een bewijs/meetrapport van ijking door een bevoegde geaccrediteerde instantie dient overlegd te worden.

De metingen dienen te geschieden op een golflengte van 1550 nm. De te hanteren demping bij de 1550 nm golflengte bedraagt 0,20 dB/km. De demping voor 1310 nm bedraagt 0,35 dB/km, deze is af te leiden als gevolg van een vast verschil in demping tussen 1310 en 1550 nm. Dit verschil bedraagt 0,15 dB/km.

Er mogen in het terugstrooi-patroon van de OTDR meting geen fusielassen voorkomen die een grotere waarde vertegenwoordigen dan 0,05 dB. Deze waarde dient bepaald te worden door de las van twee zijden te meten en van de gemeten dempingen het gemiddelde te nemen.

Per connectorovergang wordt een maximale dempingswaarde van 0,4 dB gehanteerd, dit is de som van de connectorovergangsdemping en een pigtaillas. De totale gemiddelde demping van de fusielassen per glasvezelkabel mag geen grotere waarde vertegenwoordigen dan 0,05 dB. Deze waarde is te bepalen door de demping van alle fusielassen (gemiddeld) bij elkaar op te tellen en te delen door het aantal.

Met bovenstaande waarden is de maximaal toegestane demping van het te meten glasvezeltraject te berekenen. Deze waarde bestaat uit een optelling van:

- Demping van de glasvezel
- Demping aantal fusielassen in de glasvezel
- Demping aantal connecties in de glasvezel

De maximaal toegestane dempingswaarde per vezel dient vermeld te worden op de meetstaat. De te gebruiken voor- en naspanhaspel dient 1000 meter glasvezel te bevatten en dienen uit één lengte glasvezel vervaardigd te zijn, dit om verschillen in het terugstrooi effect te voorkomen. De haspels dienen afgemonteerd te zijn met E2000/APC of SC/APC 9° connectoren.

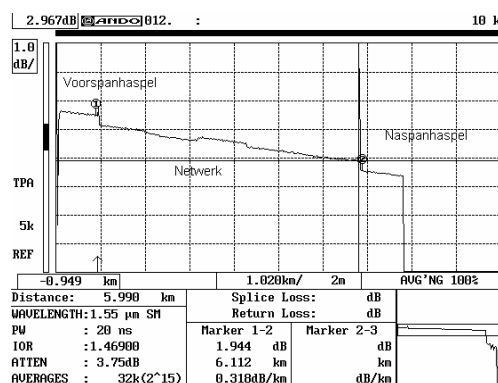
4.1.4.2 Instellingen OTDR

De pulsbreedte waarmee de OTDR zijn meetwaarden genereert, dient zodanig ingesteld te worden dat er een zo optimaal mogelijke signaal ruis verhouding ontstaat (het ruissignaal niet groter dan enkele honderdste dB of incidenteel één tiende dB). Indien op langere glasvezeltrajecten (> 50 km) deze eis niet haalbaar is dienen extra metingen op tussenliggende patchlocaties uitgevoerd te worden. Is dit ook niet mogelijk, dan dient de opdrachtgever hierover geïnformeerd te worden.

De gemeten curve dient zodanig opgeslagen te worden dat:

- De gehele glasvezel inclusief de gebruikte voor- en naspanhaspel zowel horizontaal als verticaal beeldvullend opgeslagen wordt, zie figuur 2².
- LSA is geselecteerd.
- De brekingsindex ingesteld op 1,469 (eventueel afhankelijk van vezelsoort) voor Non Dispersion Shifted vezels (G.652).
- De REF nauwkeurig is geplaatst op het eind van de voorspanhaspel.
- De cursor is geplaatst op het einde van het traject, zie voorbeeld.
- De label dient duidelijk de definiëren van waar naar waar men meet, welke kabel en welke vezel het betreft.
- De horizontale en verticale instellingen op de OTDR meter dienen voor alle metingen gelijk te blijven, dit voor het meten met een master-file.

² De figuur betreft TPA-mode, met twee markers. De mode dient echter LSA te zijn.



Figuur 3: instelling OTDR meter

4.1.5 Fysieke controle

Nadat de OTDR is ingesteld vindt fysieke controle op vezelwisselingen plaats. Hierbij wordt gecontroleerd of de plaats en tegelijk ook het vezelnummer in beide Optical Distribution Frames met elkaar overeenkomen. Door de connector van de voorspanhaspel aan de tegenovergestelde zijde los te koppelen kan het traject op eenvoudige wijze op kruisingen worden gecontroleerd.

4.1.6 Meten en registreren

Er moet rekening mee worden gehouden dat er in een glasvezelkabel zowel verbindingen ten behoeve van telecommunicatie, alsook ten behoeve van het seinwezen operationeel kunnen zijn. Dit houdt in dat niet zomaar een verbinding mag worden uitgeschakeld of omgestoken. De glasvezelverbinding dient tweezijdig gemeten te worden, inclusief de overgang tussen pigtailconnector en de connector van het voor- en naspanhaspel, zie figuur 3. Gedurende de metingen mogen de ingezette voor- en naspanhaspel niet gewisseld worden.



Figuur 4: OTDR Meetopstelling

Metingen aan de glasvezelkabels dienen tweezijdig op een golflengte van 1550 nm (of 1310) met voor en naspanhaspel te geschieden. Van de gemeten fusielassen dient men de meetresultaten per glasvezel per zijde in een EXCEL spreadsheet te presenteren (drie decimalen achter de komma).

4.1.6.1 Enkelzijdige OTDR-meting

Soms mag men in plaats van een tweezijdige OTDR-meting ook een enkelzijdige OTDR-meting verrichten. De voorwaarden hiervoor zijn:

- Er bestaat geen las in de te meten glasvezelverbinding.
- De vezel die wordt gebruikt in de voor- en de naspanhaspel dient uit één en dezelfde vezellengte en specificaties te komen, zodat men exact dezelfde vezeleigenschappen heeft.
- De OTDR moet ingesteld zijn op TPA-meting met de marker instelling in de voor- en naspanhaspel. Het resultaat geeft alleen de totale traject demping weer.

Vooral voor de verbindingen ten behoeve van SpoorLAN en "Glas langs de baan" (zie OVS00127) kan deze situatie zich voordoen.

De enkelzijdige OTDR-meting mag ook bij een spoedreparatie worden gehanteerd. Ook hiervoor gelden de voorwaarden hierboven, op de eerste na. De enkelzijdige OTDR-meting is dan toegestaan als er maar één (reparatie)las betreft. Het meetresultaten zijn dan acceptabel als:

- De totaal gemeten demping binnen de toegestane grens blijft;
- De indicatieve dempingswaarde van de te maken las, die de lasapparatuur aangeeft, op nul neerkomt;

- Betreft een las in één en dezelfde vezel (batch), dan mag de gemeten dempingswaarde de MTDW van een las niet overschrijden. Betreft een las tussen twee verschillende vezels (batches), dan mag de gemeten demping maximaal twee keer zo groot zijn als de MTDW van een las.

4.1.7 Correctief handelen

De gemeten waarden dienen getoetst te worden aan de verwachte waarden zoals berekend. Indien de connector dempingen groter zijn dan verwacht kan door het reinigen van de connector de demping afnemen en de meting opnieuw verricht worden.

Correctie dient plaats te vinden indien:

- De waarde van één fusielas groter is dan de maximaal toegestane waarde voor een las. De fusielas dient opnieuw gemaakt te worden. Indien dit niet tot een bevredigend resultaat leidt dient de opdrachtgever hierover geïnformeerd te worden.
- Indien de demping van een connectorovergang (inclusief de pigtaillas) groter is dan de maximaal toegestane waarde of de reflectiedemping kleiner is dan de gestelde eis. De connectoropperlakes dienen schoongemaakt worden of opnieuw connectoren aangelast te worden. Ook de oppervlakte van nieuw aan te brengen connectoren dient door een glasvezelmicroscoop te worden gecontroleerd op eventuele onregelmatigheden. Indien het bovenstaande niet tot een bevredigend resultaat leidt dient de opdrachtgever hierover geïnformeerd te worden.
- Bij een in dienst zijnde glasvezelverbinding wordt een onverwachte demping gemeten. Dan dient, vooral als de gemeten demping groter is dan de maximaal toegestane demping voor een las, deze "event" gekarakteriseerd te worden conform het Addendum 1 van de ITU-T norm 650.3. De opdrachtgever dient hierover geïnformeerd te worden.

4.1.8 Opslaan data & gegevens

De metingen met OTDR terugstrooi patronen dienen te worden vastgelegd. De hieruit afgeleide grootheden worden per glasvezelkabel in drie aparte werkbladen (EXCEL spreadsheet) gepresenteerd.

Meetresultaat A -> B: Enkelzijdige metingen tussen A en B, bevat als belangrijkste grootheden de demping van alle fusiellassen, de connectordemping, de max. toegestane waarde en de totale demping bij 1550 nm (of 1310 nm). De overgangsdemping (Insertion loss) en de reflectiedemping (Return loss) van de connectoren dienen beiden hierop te worden vermeld. Meetresultaat B -> A: Enkelzijdige metingen tussen B en A, bevat als belangrijkste grootheden de demping van alle fusiellassen, de connectordemping, de max. toegestane waarde en de totale demping bij 1550 nm (of 1310 nm). De overgangsdemping (Insertion loss) en de reflectiedemping (Return loss) van de connectoren dienen beiden hierop te worden vermeld. Berekeningsresultaat 3 (n.a.v. de meetresultaten A -> B en B -> A), bevat de gemiddelde dempingen. Deze meetstaat presenteert de gemiddelde demping van alle fusiellassen (per las), en overgangs- en reflectiedemping van alle connectoren in de glasvezelkabel en de totale demping bij 1550 nm (of 1310 nm). De max. toegestane waardes zijn in overeenstemming met de eerste en tweede meetstaat.

Bovenstaande staten dienen zowel 'hardcopy' als op een verwisselbaar opslagmedium aangeleverd te worden. Ook de terugstrooi patronen (OTDR-traces) dienen op dergelijk medium aangeleverd te worden. Tevens dient de bewerkingssoftware van de OTDR meter aangeleverd te worden.

4.1.9 Meetrapport

Het aan te leveren meetrapport dient ten minste de volgende informatie te bevatten:

- Projectnummer,
- Trajectbenaming,
- Datum,
- Kabelnummer,
- Meetlocatie,
- Type kabel,

- Gemeten vezellengte,
- Maximaal toegestane waarde,
- Gebruikte meetapparatuur,
- Naam van de meettechnicus,
- Bedrijfsnaam,
- Golflengte,
- Meet- en testresultaten,
- Conclusie van de meting.

De gegevens dienen aangeleverd te worden als volgt:

- Een hardcopy van de meetstaten A, B, C en Power loss meting meetstaat en het PMD meetresultaat;
- Een verwisselbaar opslagmedium met de meetstaten, met de volgende gegevens op sticker:
- Projectnummer;
- Trajectbenaming;
- Datum

Alle connecties dienen gemeten te worden zoals hierboven aangegeven en worden weergegeven in de meetstaten. Het opslagmedium voorzien van alle OTDR tracés die benodigd zijn voor vezellengte en demping. De tracés, die door een verzadigde meetapparatuur zijn gegenereerd, evenals het betreffende meetrapport, worden niet geaccepteerd.

4.1.9.1 Beoordeling OTDR-meetresultaten

De OTDR-meetresultaten worden goedgekeurd als:

- de totaal gemeten demping van de glasvezelverbinding kleiner is dan de MTDW, én
- de [gemiddelde] demping van ieder component kleiner is dan de MTDW voor het betreffende component, én
- de reflectiedemping van iedere connectorovergang groter is dan de geldende minimale reflectiedemping.

Is de totaal gemeten demping van de vezelverbinding of de demping van een bepaald component groter dan de MTDW, dan dient men correctieve maatregelen te nemen (zie paragraaf 4.1.7).

4.1.10 Exit criteria

Hiermee worden de voorwaarden bedoeld, waaraan voldaan moet zijn voordat de testen/ metingen afgerond beschouwd kunnen worden. Het zijn:

- alle testen, zoals in de werkinstructie aangegeven, zijn uitgevoerd;
- meet- en testresultaten zijn geregistreerd/opgeslagen;
- geen urgent alarm bij de netwerkapparatuur of het netwerkbeheer op de hoogte en akkoord met de beëindiging van meet-/ testwerkzaamheden;
- einde van de werkzaamheden, zowel bij de klant als bij het netwerkbeheer, is gemeld;
- meetrapport is opgesteld en beschikbaar.

4.2 Power Loss Meting

Het kernelement van een optische power meter (voor een glasvezelverbinding) is een Fotodetector. De detector genereert een elektrische stroom, die evenredig is met het lichtvermogen in de glasvezel. Een stroom-naar-spanning-omzetter zet deze stroom naar een evenredige spanning om, en een spanning-naar-frequentie-omzetter zet de spanning weer naar een serie digitale pulsen om, die een teller beïnvloeden.

4.2.1 Wat wil je meten?

In eerste instantie dient men onderscheid te maken tussen twee verschillende metingen, die beiden vaak “power meting” worden genoemd en door middel van dezelfde meetapparatuur worden gedaan. Dat zijn

- Optische power meting,
- Optische loss meting (optische dempingmeting)

Power meting

Hiermee meet je het werkelijk uitgaande lichtvermogen van een zender of het inputvermogen voor een ontvanger. Dit wordt soms ook het "absolute" optische vermogen genoemd.

Loss meting

Hiermee meet je de daling in het lichtvermogen, dat aan een optische component, bijvoorbeeld een glasvezel of een connector gekoppeld is. Loss meting of dempingmeting is dus een "relatieve" power meting. Dit verschil is eigenlijk wat optische demping wordt genoemd. Hiermee kan de prestatie van een stuk glasvezel, connector of las worden aangegeven.

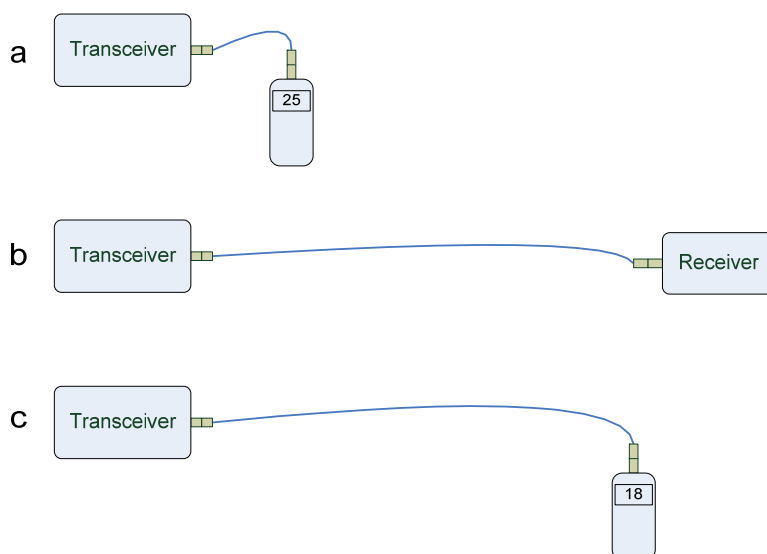
4.2.2 Power meting

Het lichtvermogen in een glasvezelverbinding is te vergelijken met de spanning in een elektrisch circuit. Het is belangrijk dat er voldoende vermogen aanwezig, maar niet te veel. Te weinig vermogen kan als gevolg hebben dat de ontvanger geen onderscheid meer kan maken tussen het gestuurde signaal en daarmee gepaard gaande ruis. Ook te veel vermogen kan tot overbelasting/verzadiging van de ontvanger leiden en fouten veroorzaken.

Voor de meting is een power meter nodig, voorzien van een adapter, die ervoor zorgt dat de aansluiting van de meetapparatuur bij de te meten connector(en) past. Belangrijk is dat tijdens de power meting de meter op de goede range is ingesteld (meestal op dBm, soms microwatts, maar nooit op dB. Dit is een relatieve range, dat alleen voor loss metingen wordt gebruikt), en op de goede golflengte; de juiste golflengte, die met die van de te meten bron afstemt.

Door een power meting kan men het uitgaande vermogen van een transceiver of het ingaande vermogen bij een receiver meten. In het eerste geval sluit men de meter, door middel van een kort en geproefd patchsnoetje, op de transceiver aan en leest de meter (figuur a).

Wil men het ingaande vermogen bij een receiver meten, dan vervangt men de receiver met de meter en leest de meter, figuren b en c).



Figuur 7: Optische Power meting

4.2.3 Optische Loss meting

Loss meting (dempingmeting) is het meten van het verschil tussen vermogen op de twee eindpunten van een glasvezelverbinding. Het resultaat geeft dus de demping aan, veroorzaakt door de glasvezel met twee connectoren op de eindpunten, en eventueel lassen en connectorovergangen daartussen.

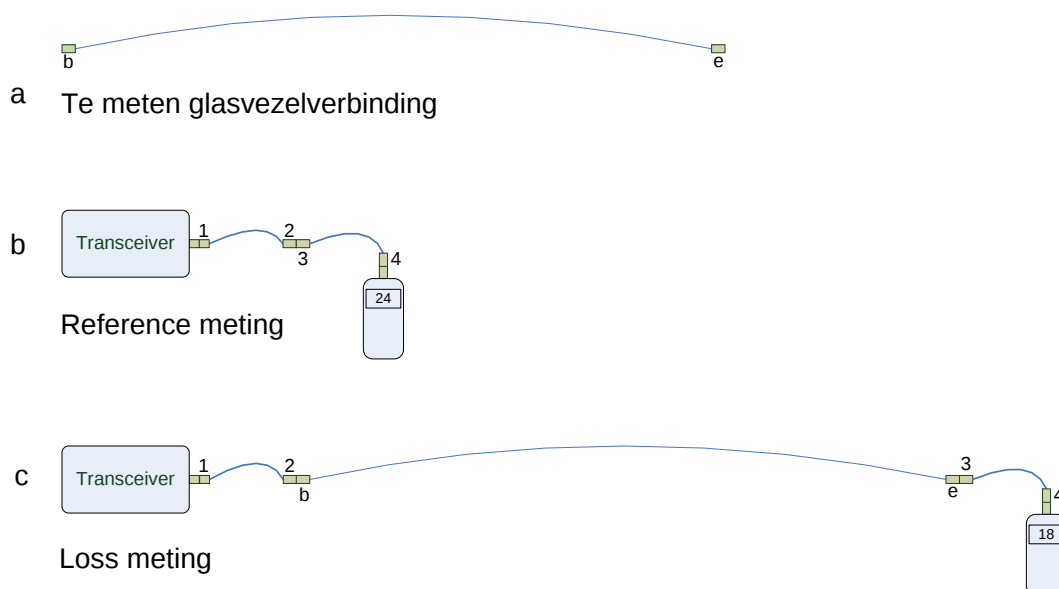
Voor de loss meting heeft men, naast de meetapparatuur, twee referentievezels nodig. Onderstaande figuur geeft de meetprocedure in grote lijnen weer.

De meetprocedure in details voor de loss meting van een glasvezelverbinding is als volgt:

- Stel de meetapparatuur in op de goede golflengte.
- Koppel de meetapparatuur en de transceiver door middel van de twee referentievezels (zie figuur b hieronder).

- Lees het gemeten vermogen, in dBm, af. Dit noemen wij reference meting (aflezing A).
- Sluit de te meten glasvezelverbinding op de transceiver en op de power meter aan.
- Stel de transceiver én de power meter op dezelfde golflengte in.
- Zorg dat er geen actief component zich in de te meten glasvezelverbinding bevindt.
- Lees het gemeten vermogen, in dBm, af. Dit noemen wij Loss meting (aflezing B).
- De totale demping in de glasvezelverbinding is gelijk aan “aflezing A” min “aflezing B”

$$\text{Optische demping} = \text{“aflezing A”} - \text{“aflezing B”}$$



Figuur 6: Optische Loss meting

Tijdens het meten mogen de referentievezels niet losgekoppeld worden van lichtbron of vermogensmeter. Dit kan de meting nadelig te beïnvloeden.

De gemeten demping kan per vezel, (zelfs van een en zelfde kabel) verschillen. Dit kan komen doordat bij de ene vezel lasdempingen en/of connectorovergangen lage waarden, en bij de andere vezel hoge waarden hebben terwijl ze toch beiden binnen de specificaties liggen.

4.3 PMD meting

Het realiseren van telecommunicatienetwerken geschikt voor datasnelheden groter dan 10 Gbps komt overal, dus ook binnen ProRail, steeds vaker voor. Sommige glasvezelkabels, die door deze netwerken worden benut, zijn vrij oud; ouder dan 15 jaar. Verder zijn de te overbruggen afstanden soms groter dan 50 km. Dit is een typische situatie, waarin het fenomeen Polarisatie Mode Dispersie (PMD) zich voor kan doen. Dus, de belangrijkste omstandigheden binnen ProRail, waarin het meten van PMD moet plaatsvinden, zijn:

1. Het installeren van nieuwe glasvezelverbindingen voor 10 Gbps of hogere bit rates en afstanden groter dan 50 km, vooral over oudere glasvezels; glasvezels gefabriceerd voor het jaar 2000.
2. Het upgraden van de huidige netwerken voor 10 Gbps of hogere bit rates.

De PMD meting wordt uitgevoerd conform ITU-T norm G.650.3. De toe te passen meetmethode is golflengte scanning methode³.

4.4 CD meting

In tegenstelling tot PMD is de chromatische dispersie een deterministisch, en min of meer een lineair, fenomeen. De mate van dispersie voor verschillende afstanden kan dus met de nodige

³ De ITU-T norm 650.3 beschrijft zelf geen PMD testmethode, maar verwijst naar de IEC normen IEC 61280-4-4 and IEC/TR 61282-9.

nauwkeurigheid worden berekend. Derhalve is een CD-meting, zonder dat er een strikte aanleiding voor bestaat, niet nodig.

5 Overige onderhoudsactiviteiten

Hierna zijn andere onderhoudsactiviteiten beschreven. Het zijn activiteiten, waardoor gestelde eisen aan de glasvezelkabelinfra en (HDPE-)buiseninfra van ProRail kunnen in stand worden gehouden.

- Preventief onderhoud, bevat naast het verrichten van (periodieke) metingen van (reserve) glasvezels tevens:

- *WION meldingen*

Een van de grootste risicofactoren voor het glasvezelnetwerk zijn constructie- en graafactiviteiten op of langs de bestaande glasvezeltrajecten. Daarom hoort het verwerken van vooraanvragen en graafmeldingen, zogeheten WION-meldingen, bij preventief onderhoud.

De Wet informatie-uitwisseling ondergrondse netten, ook wel WION of grondroerdersregeling genoemd, is op 1 juli 2008 in werking getreden. Sinds 1 oktober 2008 is het verplicht om een graafmelding bij het Kadaster te doen.

De wet verplicht gravers tot het melden van elke groundbewerking, waaronder het leggen van kabels. Kabel- en leidingbeheerders moeten al hun kabels en leidingen binnen vastgestelde nauwkeurigheden digitaal beschikbaar hebben en melden bij het kadaster.

- *Route surveillance*

Hierbij zal de glasvezelinfrastructuur nagelopen moeten worden om te inspecteren of bij constructie en graafactiviteiten van derden de voorwaarden en richtlijnen voor het uitvoeren van werken in de nabijheid van de glasvezelinfrastructuur worden nageleefd, vooral de richtlijnen ten aanzien van het lokaliseren van de glasvezelinfrastructuur.

- *Periodieke controles*

Gebouwen en ondersteunende installaties, OMDF- en ATM-kasten (in het geval dat een glasvezelkabel in de ATM-kast is afgewerkt), glasvezelafwerkmodules en faciliteiten als ventilatie, ... dienen regelmatig op de mate van achteruitgang gecontroleerd te worden. Uit de praktijk is verder gebleken dat bij de in dienst zijnde glasvezelverbindingen het de connectoren zijn, en niet de glasvezels zelf, die de meeste storingen veroorzaken. Indien een applicatie voor het onderhoud uit dienst moet, dan moeten ook de connectoren schoongemaakt en desnoods vervangen worden.

De periodieke visuele controles vinden 1 keer per jaar plaats.

- Correctie, bevat het volgende:
 - Trouble shooting onder andere door middel van OTDR-metingen
 - Functieherstel
 - Repareren/vervangen van (defecte) componenten, systeemherstel
 - Verifiëren van correctie onder andere door middel van OTDR-metingen

5.1 Onderhoud BT-vezels

Voor het onderhouden van de vezels in de core kabels van BT is er een apart onderhoudscontract afgesloten tussen ProRail ICT Services Telematica en BT. Voor deze vezels geldt derhalve de genoemde contract en vallen buiten deze regelgeving.

5.2 Reparatiemethodes HDPE-buis

Een beschadigde HDPE-buis dient gerepareerd te worden. Hiervoor zijn er verschillende methodes, afhankelijk van of er een kabel (microbuisjes) in de buis aanwezig is (zijn), en zo ja, of deze ook beschadigd is (zijn).



5.2.1 Standaard reparatiesets

Deze methode past men toe wanneer een beschermbuis is beschadigd en er geen kabels of microbuisjes aanwezig zijn. Snijd het beschadigde deel eruit m.b.v. de pijpsnijder. Schuin de buiseinden af m.b.v. het afschuingereedschap.

Plaats aan beide zijden een koppeling met daartussen een nieuw stuk beschermbuis van dezelfde diameter. Draai de koppelingen stevig vast volgens montagevoorschrift van de leverancier.

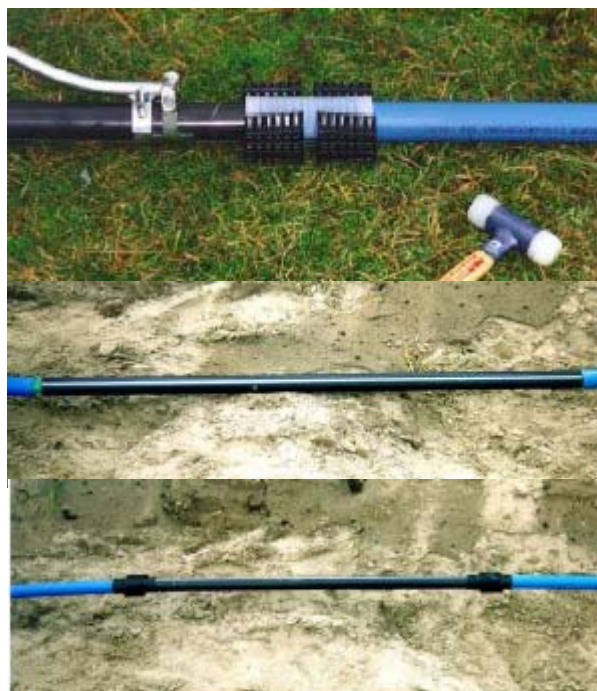
5.2.2 Deelbare reparatieset

Deze methode past men toe wanneer een beschermbuis is beschadigd maar de kabel of microbuisjes erin niet.

De deelbare set wordt geleverd in een maximale lengte van 2000 mm. Afhankelijk van de lengte van de beschadiging van de HDPE-buis wordt de set ingekort met een ijzerzaag of worden er meerdere sets achter elkaar geplaatst.

Als laatste de koppelingen plaatsen, goed aandrukken en klemblokken

aanslaan met de kunststof hamer totdat ze gelijk liggen met de voorkant van de koppeling.



5.2.3 Overschuif reparatiesets

Deze methode past men toe wanneer er een 2^{de} inblaaslocatie nodig is (cascade plaats). Plaats voor het blazen de overschuifset over de beschermbuis en kort deze zo nodig in. Draai na het inblazen de koppelingen stevig vast m.b.v. de montagesleutel.



5.2.4 Controleren beschermbuis

De beschermbuis dient afgeperst te worden. Controleer of een eindkoppeling op de buis is geplaatst. Controleer of alle persluchtverbindingen goed zijn aangesloten. Zet de persluchtcransen stuk voor stuk open. Begin met een lage persluchtdruk om te controleren of aan het einde van de buisverbinding **geen** luchtflow ontstaat.

De geïnstalleerde beschermbuis wordt tussen de knooppunten afgeperst met een overdruk van 6 bar (totale druk is dus 7 bar). Deze druk mag na 10 minuten niet meer dan 0,25 bar zijn afgenomen. Laat de perslucht ontsnappen voordat de eindkoppeling wordt verwijderd.



5.3 Reparatiemethode microbuisjes

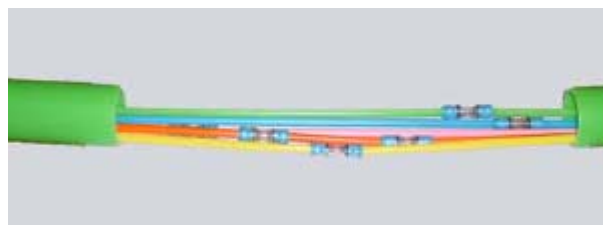
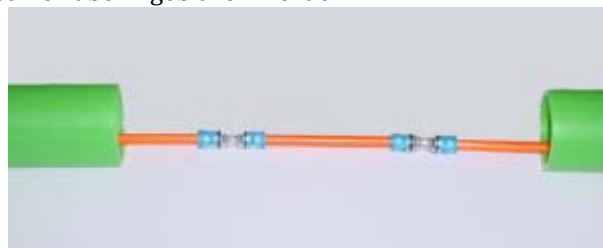
Deze reparatiemethode dient gehanteerd te worden bij een beschadiging van microbuisjes van modulaire buizen en microbuisbundel.

In het geval van een beschadiging van een microbuisje met daarin een beschadigde kabel zal eerst de kabel verwijderd dienen te worden. Na reparatie van het microbuisje kan een nieuwe kabel ingeblazen worden.

Knip het beschadigde microbuisje af m.b.v. een knipper, wanneer er voldoende lengte in het microbuisje aanwezig is kan volstaan worden met het drukvast verbinden van de beide uiteinden m.b.v. een koppeling.

Wanneer dit niet mogelijk is wordt een op lengte geknipt stuk microbuis aangebracht en m.b.v. twee koppelingen met elkaar verbonden.

Wanneer er meerdere buisjes gerepareerd dienen te worden die zich in een HDPE-buis bevinden moet er opgelet worden dat de reparaties versprongen worden uitgevoerd. Na het repareren van het buisjes mag de diameter van de gehele bundel niet dikker zijn geworden dan de binnendiameter van de HDPE-buis.



5.3.1 Controleren Microbuizen

De geïnstalleerde microbuizen worden tussen de knooppunten gekalibreerd en afgeperst.

Het kalibreren geschiedt door een lengte van 2 m 12 vezelige mini glasvezelkabel door de microbuizen te blazen (buitendiameter van de kabel is rond 80% van de binnendiameter van de microbuis).

Als de mini glasvezelkabel aan het uiteinde uit de te kalibreren microbuis komt, zonder dat er onderweg haperingen zijn, dan wordt de microbuis als gekalibreerd geaccepteerd.

Als voor het verlengen van microbuizen (door)koppelingen zijn aangebracht, dan moeten de microbuizen ook afgeperst worden. De afpersmethode is vergelijkbaar met die voor een beschermhuis (zie paragraaf 5.2.4.), behalve dat de overdruk hierbij 4 bar is (totale druk is dus 5 bar). Deze druk mag na 30 minuten niet meer dan 0,5 bar zijn afgenomen.

5.4 Storingsrapportage

De storingsrapportage zal bestaan uit de volgende onderdelen:

- Tijdstip storingsmelding van ProRail aan onderhoudsorganisatie
- Tijdstip initiële OTDR meting
- Aangetroffen situatie op storingslocatie, met foto's
- Lastijden: start van lassen, prioriteit tubes gecomplementeerd en beëindiging van alle overige laswerkzaamheden,

- Tijdstip vertrek laatste persoon van storingslocatie
- Totale reparatietijd
- Noodzakelijke reparatiegegevens
- Meetresultaten
- As-built gegevens van reparatie
- Eventueel andere reparatieactiviteiten
- Totale kosten welke verrekend worden met de opdrachtgever

5.5 Kabelherstel

Het komt voor dat een glasvezelkabel gedeeltelijk of in het ergste geval helemaal wordt (door)geknipt. De vraag is “hoe moeten de glasvezelkabelverbindingen in dergelijke situatie definitief worden hersteld?”.

Deze paragraaf geeft hierop antwoord. Hierbij wordt uitgegaan van de worst case: de kabel is helemaal doorgeknipt.

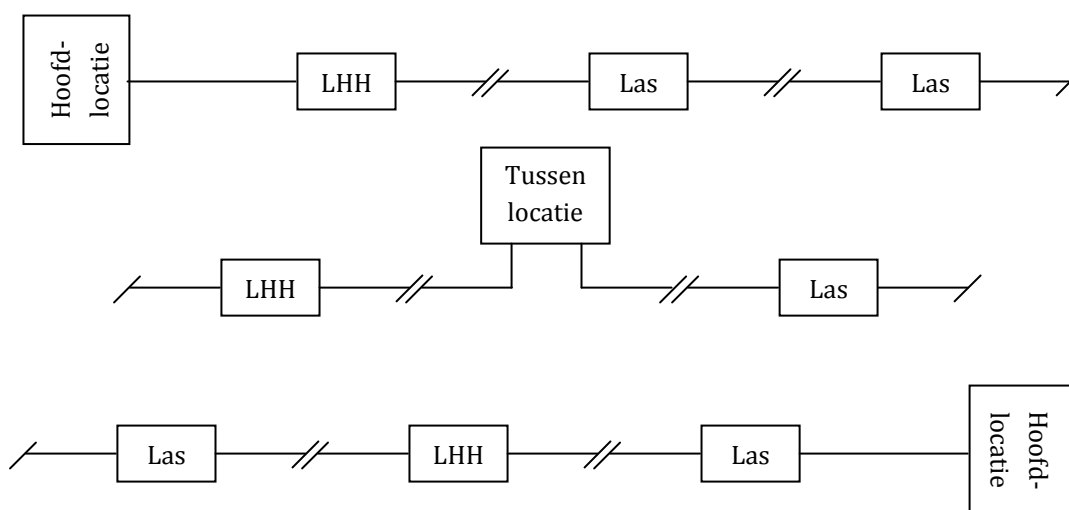
5.5.1 Uitgangspunten om herstelmethode te bepalen

Om de herstelmethode te bepalen moet er, naast de gebruikelijke factoren zoals hersteltijd en herstelkosten, rekening worden gehouden met het volgende:

1. Het “Ontwerpvoorschrift glasvezelinfrastructuren”, OVS00011, geeft het volgende aan, betreffende de maximale afstand tussen twee (lege) handholes binnen ProRail glasvezelnetwerken:
... tevens worden extra (lege) handholes opgenomen in het buizen netwerk voor mogelijk toekomstige toepassingen. De afstand tussen twee opeenvolgende lege handholes is max. 2000 meter.
Het valt echter op te merken dat in het bestaande glasvezelkabelnetwerk weinig lege handholes aanwezig zijn.
2. En in het “onderhoudsdocument ProRail glasvezelnetwerken”, OHD00051, is het volgende aangegeven met betrekking tot het maximaal aantal lassen in glasvezelverbindingen:
Een “onbeperkt” aantal lassen in SM-vezels is ook niet toegestaan. Buiten de lassen ten behoeve van aftakkingen naar tussenlocaties en dergelijke, is maximaal aantal toegestane lassen 1 las per 2 kilometers.

5.5.2 Algemene schets

Onderstaande figuur is een algemeen schets van de (interlokale) glasvezelkabelverbindingen van ProRail. Storingen kunnen op ieder punt van een dergelijke verbinding optreden.



Een storing kan dus optreden:

- I. tussen een hoofdlocatie (HL) en een lege handhole (LHH),
- II. tussen een LHH en een Las,
- III. tussen twee lassen,

- IV. tussen een tussenlocatie (TL) en een LHH,
- V. tussen een TL en een Las,
- VI. tussen een HL en een Las.

Onderscheid tussen HL en TL, omdat in een HL de glasvezelkabel totaal is afgewerkt, terwijl in een TL de kabel gedeeltelijk - als regel een klein aantal tubes daarvan - is afgewerkt. Vaak is dit door een window cut gedaan zodat de andere tubes van de glasvezelkabel ongemoeid doorgaan. Het vervangen van een doorgeknipte kabel in een TL brengt dus behoorlijk consequenties met zich mee.

5.5.3 Twee herstellmethoden

Voor definitief herstel zijn er twee methoden:

1. Vervangen van de doorgeknipte kabel. Hierbij moeten de volgende werkzaamheden worden verricht:
 - a. Verwijderen van verbindingen binnen de beschadigde kabel in twee dichtstbijzijnde punten, waar dit mogelijk is;
 - b. Uitblazen van de kabel tussen die twee punten;
 - c. Repareren van de HDPE buis, waarin de kabel zich bevindt en samen met de kabel is beschadigd;
 - d. Inblazen van een nieuw stuk kabel tussen de bovengenoemde punten;
 - e. Realiseren van de verwijderde verbindingen.

Een variëteit op deze methode is om een nieuwe lasmodule aan te brengen in een LHH. Deze variëteit heeft minder kabel en minder werk voor het verwijderen van bestaande verbindingen en kabel nodig, maar brengt een extra las (demping) met zich mee.

2. Lassen van de doorgeknipte kabel. Hierbij moeten de volgende werkzaamheden worden verricht:
 - a. Bijplaatsen van een nieuwe handhole/lasmof op het storingspunt;
 - b. Eventueel repareren van de HDPE buis, waarin de kabel zich bevindt en samen met de kabel is beschadigd, afhankelijk van de breedte van het storingspunt;
 - c. Aanbrengen van een nieuwe lasmodule;
 - d. Nodige lengte kabel voor het lassen vervaardigen uit de bestaande overlengte in de naastliggende punten;
 - e. Lassen van de kabel in de nieuwe lasmodule.

5.5.4 Overzicht + en - van de methoden

In onderstaand overzicht zijn de plus- minpunten van iedere methode aangegeven. De te vergelijken aspecten (VA) zijn realisatietijd, kosten, kwaliteit (denk aan extra demping) en beheer (registratie extra las). Hierin:

T staat voor realisatieTijd

K staat voor Kosten

Q staat voor Kwaliteit

B staat voor Beheer

(Zie volgende pagina)

Storingspunt	VA	Methode 1		Methode 2	
		+	-	+	-
I: Tussen HL en LHH	T		-	+	
	K		-	+	
	Q		-		-
	B		-		-
II: Tussen LHH en Las	T		-	+	
	K		-	+	
	Q		-		-
	B		-		-
III: Tussen Las en Las	T		-	+	
	K		-	+	
	Q	+			-
	B	+			-
IV: Tussen TL en LHH	T		--	++	
	K		--	++	
	Q	+			--
	B	+			--
IV: Tussen TL en Las	T		--	++	
	K		--	++	
	Q	+			-
	B	+			-
VI: Tussen HS en Las	T		-	+	
	K		-	+	
	Q	+			-
	B	+			-

5.5.5 Wanneer welke methode

Uit het voorgaande overzicht blijkt dat de pluspunten van de eerste methode vaak kwaliteit en beheer zijn en de minpunten daarvan realisatietijd en kosten. Deze minpunten zijn in geval van IV en V aanzienlijk hoog. De pluspunten van de methode twee zijn altijd realisatietijd en kosten en minpunten daarvan kwaliteit en beheer.

Het definitieve herstel zal dan als regel op de tweede methode gebeuren. Wanneer de beperking van het maximaal aantal toegestane lassen (zie punt 2) zich voordoet, moet de eerste methode worden toegepast; omdat deze methode geen extra demping veroorzaakt (pluspunt Q).

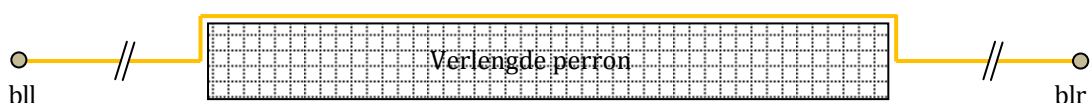
5.5.5.1 Een uitzonderlijk geval

Het komt wel voor dat een perron moet worden verlengd, waarbij een glasvezelkabel aanwezig is. De kabel loopt langs het perron en niet door het perron. Zie het schets hieronder.



Figuur 7a: bestaande situatie

Vak wordt bij een perronverlenging alle kabels in deelbare buis gelegd. Nadat de werkzaamheden zijn uitgevoerd, worden de kabels op de juiste positie neergelegd. Het beste is dus als de buis/kabel ongemoeid omgelegd kunnen worden, zoals hieronder is geschetst.



Figuur 7b: Ongemoeid omleggen van buis en kabel (keuze 0)

Maar de situatie laat dit niet altijd toe. Dus, hoe dan ook, moeten de buis en de kabel worden verlengd. Er zijn dan drie mogelijkheden, te weten:

1. De kabel tussen twee bestaande lassen (las L en las R) vervangen.



Figuur 7c: Vervangen van totale kabel tussen 2 bestaande lassen (keuze 1)

2. Een nieuw stuk kabel aanbrengen tussen de te verlengen perron en de dichtstbij zijnde las en bij het perron een nieuwe las maken.



Figuur 7d: Verlengen door middel van 1 nieuwe las (keuze 2)

3. Twee nieuwe lassen maken en de kabel tussen deze lassen vervangen. Bij voorkeur komen de nieuwe lassen aan beide zijden van het perron en niet langs het spoor.



Figuur 7e: Verlengen door middel van 2 nieuwe lassen (keuze 3)

Er moet altijd onderzocht worden of het ongemoeid omleggen van de buis en de kabel (keuze 0) mogelijk is. Zo niet, dan is in onderstaande tabel aangegeven wanneer een andere oplossing zal worden gekozen en voor welke.

Afstand tussen bestaande lassen	Locatie van de bestaande lassen	Keuze
Afstand tussen bll en blr < 200 m.	Geen extra voorwaarde	Keuze 1
Afstand tussen bll en blr > 200 m.	Een van de lassen is in een straal < 100 m.	Keuze 2
Afstand tussen bll en nrl > 200 m.	Geen van de lassen is in een straal < 100 m.	Keuze 3

Hierin:

bll : bestaande las links,
 blr : bestaande las rechts
 nll : nieuwe las links
 nrl : nieuwe las rechts

De afstand tussen twee lassen mag nooit kleiner dan 100 m. zijn.

Noten:

1. De begrippen "links" en "rechts" moeten hier totaal als relatieve posities worden gezien en worden gelezen als "een zijde" en de "andere zijde".
2. Deze regel, en in het specifiek de aangegeven afstand tussen twee lasmoffen, geldt alleen voor de geschetste situatie. Voor andere situatie, bijvoorbeeld langs de baan, gelden de in OVS00011 aangegeven regels.

6 Revisiegegevens

Datum	Versie	Hoofdstuk / paragraaf	Wijziging
27-04-2004	V001	Allen	Omgezet van MIV naar OHD
28-06-2010	V002	Allen	Totaal herzien, uitgebreid met contractuele bepalingen
03-08-2011	V003	2.1 en 3	Systeemgrenzen aangepast, indeling gewijzigd
09-10-2014	V004	Allen	- Optische eisen aan glasvezel aangescherpt en uitgebreid - PMD meting meegenomen - Onderhoud lokale netwerken meegenomen - Sjabloon meetrapport gewijzigd
28-11-2014	V005	Allen	- Reviewcommentaar verwerkt
12-12-2014	V006	4.1	- Reviewcommentaar verwerkt
23-01-2015	V007	Bijlage	Bijlage verwijderd